

MODIFIKASI TANUR KUPOLA *MODIFICATION OF KUPOLA FURNACE*

Dewi Kusumawaty, Hitman Pardosi, Pander Sitindon, Jimmy Gifson Simanjuntak
Balai Riset dan Standardisasi Industri Medan
dewikusuma57@yahoo.com

ABSTRAK

CV. Bengkel Bukit Harapan adalah salah satu industri pengecoran logam yang ada di Sumatera Utara yang masih menggunakan teknologi yang konvensional dalam proses pembuatan produk hasil coran dari bahan baku bekas besi cor untuk memproduksi komponen mesin dan peralatan pabrik. Industri ini masih menggunakan tanur kupola konvensional yaitu tanur kupola jenis tungging, penggunaan tanur kupola konvensional ini menyebabkan pemborosan biaya produksi. Untuk mengurangi pemborosan biaya produksi maka dilakukan modifikasi tanur kupola. Setelah dilakukan modifikasi tanur kupola, biaya produksi turun 10%.

Kata kunci : Logam, Modifikasi, Peleburan, Tanur Kupola, Terak

ABSTRACT

CV. Bengkel Bukit Harapan is one of the metal casting industries in North Sumatra that still uses conventional technology in the process of making castings from raw cast iron to produce machine components and plant equipment. This industry still uses conventional kupola furnaces which are tungging cupola furnaces, the use of conventional kupola furnaces causes waste of production costs. To reduce waste of production costs, a modification of the kupola furnace is carried out. After a modification of the kupola furnace, production costs dropped 10%.

Keywords: Metal, Modification, Smelting, Kupola Furnace, Slag

PENDAHULUAN

Industri pengecoran logam di Sumatera Utara merupakan industri yang cukup memegang peranan sangat penting di samping industri lainnya, mengingat Sumatera Utara merupakan daerah perkebunan kelapa sawit dan karet yang luas, serta memproduksi hasil tanaman tersebut yang besar guna menunjang devisa negara dari sektor perkebunan. Kebutuhan akan komponen produk tuangan logam menjadi suatu hal yang menjadi keharusan, dimana pabrik pengolahan hasil perkebunan di atas menggunakan komponen tuangan logam dengan jumlah yang sangat besar. Komponen dengan hasil tuangan yang baik menjadi pilihan industri pengguna hal ini guna menjaga kelangsungan proses produksi pada pabrik pengolahan hasil perkebunan tersebut. Konsekuensi yang dihadapi terhadap tuntutan tersebut adalah timbulnya kompetisi dengan penyedia komponen dari luar negeri yang berasal dari negara tetangga seperti Malaysia.

Industri pengecoran logam CV. Bengkel Bukit Harapan adalah salah satu industri pengecoran logam yang ada di Sumatera Utara yang masih menggunakan teknologi yang konvensional dalam proses pembuatan produk hasil coran dari bahan baku bekas (hancuran) besi cor untuk memproduksi komponen mesin dan peralatan pabrik. Industri ini masih menggunakan tanur/tanur peleburan jenis kupola tradisional. Dari segi volume produksi penggunaan tanur ini lebih menguntungkan, namun penggunaan dengan kondisi yang demikian sederhana dapat menimbulkan rugi-rugi akibat pemborosan dari operasional tanur tersebut, yang mengakibatkan naiknya biaya produksi.

Performans tanur kupola dinilai kurang optimal karena dari segi ukuran diameter dalam kupola, kapasitas normalnya adalah 1.8 ton/jam sedangkan pada kenyataannya hanya diperoleh kapasitas 800 kg/jam dengan perbandingan besi pada kokas 10 %.

Salah satu faktor penunjang perpanjangan mata rantai produksi serta peningkatan nilai tambah produktivitas dan daya saing industri adalah peningkatan mutu/proses dan diversifikasi produk/proses melalui pemanfaatan teknologi hasil litbang. Salah satu tugas lembaga Litbang Industri adalah menumbuhkan kembangkan industri melalui kegiatan Litbang melalui pemanfaatan teknologi dan inovasi teknologi dalam bidang produk, proses, bahan baku, peralatan dan penanggulangan limbah industri dengan melakukan kegiatan diseminasi dalam alih teknologi.

Balai Riset dan Standardisasi Industri Medan memiliki kompetensi di bidang pengecoran logam perlu memberikan suatu kontribusi untuk modifikasi serta rekonstruksi tanur lebur kupola.

METODE PENELITIAN

Tahapan modifikasi tanur kupola ini adalah :

1. Observasi/survey awal

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pada saat survey diperoleh data tentang tanur kupola:

Type : pengeluaran logam cair sewaktu-waktu

Pengeluaran cairan : tanur dimiringkan (ditungging)

Bentuk penampang : segi empat 540 x 540 mm

Tinggi efektif : 1450 mm

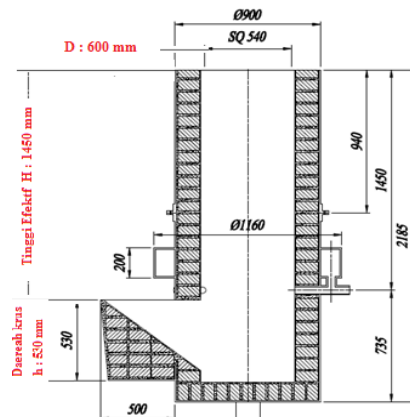
Krus : 510 mm

Kapasitas : 800 kg/jam

Bahan bakar : Kokas 1 : besi 10



Gambar 1. Konstruksi Kupola pada Kondisi Awal



Gambar 2. Ukuran Kupola pada Kondisi Awal

2. Redesain

Kupola perlu direncanakan dengan baik agar prinsip kerja setiap proses yang terjadi di dalam kupola menjadi efisien. Selain itu, ukuran kupola dirancang agar laju peleburan sesuai dengan kapasitas produksi pabrik.

Diameter dalam: D = 550 mm

Berdasarkan ukuran diameter silinder baja kupola yang akan dimodifikasi adalah 1000 mm, bagian dalam dari silinder baja dilapisi dengan batu api SK 34, diperoleh diameter dalam kupola adalah D = 550 mm.

Tinggi efektif : H = 2200 mm

Tinggi efektif kupola (jarak antara pintu pengisian dengan tuyer) adalah (4-5) D, dipilih 4D (d disesuaikan dengan keadaan konstruksi bangunan)

$H = 4 \times 550 = 2200 \text{ mm}$

Tinggi Krus: t = 344 mm

Krus adalah daerah dari bagian bawah tuyer sampai dasar kupola. Biasanya ukuran krus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat menyimpan 2-3 kali muatan pengisian. Muatan pengisian biasanya $1/10 - 1/15$ dari laju peleburan. Dalam hal ini, untuk diameter tanur 550 mm dan dengan pemakaian kokas 12 % dari tabel hubungan diameter kupola dengan laju peleburan, diperoleh laju peleburan 1.9 ton/jam. Jika diambil volume krus dapat menampung 2 kali muatan dengan perbandingan $1/15$ maka ukuran krus harus dapat menampung logam cair sebanyak $2 \times 1/15 \times 1.9 \text{ ton}$ adalah 253 kg besi cair. Dalam krus

terdapat juga kokas sehingga volume yang terisi logam cair kira-kira 45 %. Ukuran krus yang dapat menyimpan 253 kg logam cair adalah Volume = Berat/Bj = $253 / 7.1 = 37 \text{ dm}^3$ atau $37 \times 100^3 \text{ mm}^3$. Bentuk penampang kupola dibuat lingkaran dengan diameter 550 mm sehingga tinggi silinder yang dapat menampung 253 kg besi cair adalah $t = V / (\pi/4 \times D^2) = 37 \times 100^3 / (\pi/4 \times 550^2) = 155 \text{ mm}$. Karena volume krus diisi oleh kokas sebanyak 55 % maka tinggi krus adalah $100/45 \times 155 = 344 \text{ mm}$.

Pintu Dasar: 2 daun dengan tinggi h = 250 mm

Pintu dasar dibuat dua daun dan diberi engsel agar dapat membuka dengan baik. Pintu dasar dikunci dengan dua buah pen tirus dan diberi lobang pengait. Pada akhir operasi pintu dasar dibuka dengan cara menarik pen dengan menggunakan rantai baja. Pintu dasar juga berfungsi untuk dudukan alas pasir dan pasir dasar. Alas pasir ditabur di atas pintu dasar dengan tebal 30 – 50 mm, kemudian pasir dasar ditabur diatasnya dan dipadatkan. Pasir dasar dibuat miring ke arah lubang cerat dengan kemiringan 5/1000 - 10/1000. Kemiringan ini akan memberikan hasil baik pada pengeluaran logam cair. Tebal pasir dasar sekurang-kurangnya 200 mm dan ditentukan dengan memperhitungkan ukuran kupola dan lama pengoperasian. Pintu dasar dibuat minium 250 mm dari lubang cerat agar dapat diperoleh ketebalan minimum dari alas pasir dan pasir dasar.

Jumlah dan ukuran tuyer: n = 4 buah dengan d = 112 mm

Jumlah tuyer untuk tanur dengan diameter < 600 mm adalah 4-6 bh, dipilih 4 buah, dan bentuk tuyer dipilih bentuk silinder. Ukuran tuyer ditentukan dari perbandingan luas irisan kupola dengan jumlah tuyer kali luas irisan tuyer. Perbandingan tuyer = $(\pi/4 \cdot D^2) / (4 \cdot a) = (\pi/4 \cdot 550^2) / (4 \cdot a) = 59365.6 \times a$. Perbandingan tuyer biasanya 5-6 untuk kupola kecil dan 8-12 untuk kupola besar. Dengan

mengambil perbandingan tuyer adalah 6 diperoleh jumlah tuyer adalah $d = 112 \text{ mm}$.

Kotak Angin

Lebar kotak angin sama dengan diameter pipa tiup (tergantung dari blower yang digunakan) dan tinggi kotak angin 4 kali lebar.

3. Modifikasi

Modifikasi konstruksi kupola dilakukan seminimal mungkin agar biaya modifikasi tidak terlalu besar, modifikasi minimum yang dilakukan adalah:

1. Sistim pengeluaran logam cair dan terak dipilih dengan pengeluaran logam cair secara kontinu dari depan.
2. Tinggi dasar tanur ditambah sehingga jarak antara lantai dengan dasar tanur adalah 500 mm, penambahan tinggi dibuat dengan cara membuat fundasi dari besi UNP.
3. Penutup dasar tanur dipotong dan dibuat pintu man hole yang dapat dibuka dengan mudah dan cepat, yang berfungsi untuk lubang laluan orang pada saat reperasi tanur dan untuk menurunkan kokas bekas pada akhir operasi.
4. Pintu pengisian kayu bakar (man hole) dibuat pada bagian samping bawah tanur dan dilengkapi dengan daun pintu yang mudah dibuka/tutup.
5. Saluran cerat diganti dengan yang baru sehingga dapat mengeluarkan logam cair secara kontinu dan terpisah dari terak.
6. Dudukan blower ditambah mengikuti kupola.
7. Blower diperbaiki atau diganti dengan yang baru dengan kapasitas yang lebih besar.
8. Tangga meja kerja diperbaiki
9. Bagian dalam tanur dilapisi dengan susunan batu api SK 34 dengan bentuk penampang bulat dengan diameter 550 mm.

Perbandingan kondisi awal kupola dengan desain dan modifikasi yang dilakukan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Modifikasi Kupola

Ukuran Kupola	Awal	Desain	Tindakan	Keterangan
Irisan penampang	segi empat 540x540 mm	lingkaran dia. 550 mm	Modifikasi	pemasangan batu api dibuat melingkar dengan dia. 550 mm
Pintu pengisian – tuyer	1450 mm	2200 mm	Modifikasi	ditambah dengan plat baja dirol dan disambung dengan las
Tuyer – cerat	-	344 mm	Modifikasi	lubang tuyer dipindahkan
Cerat – tutup	540 mm	250 mm	Modifikasi	dibuat saluran cerat
Tutup Dasar	Permanen	pintu	Modifikasi	Bagian dasar kupola dibuat pintu 2 daun dan dikunci dengan pin, mudah dibuka
Dasar – lantai	0 mm	500 mm	Modifikasi	kupola diangkat dengan cara menambah penyangga
Pengeluaran besi cair dan terak	sewaktu-waktu dan bersamaan	kontinu dan terpisah	Modifikasi	Dibuat spout dengan sistim pengeluaran besi dan terak terpisah kontinu
Diameter tuyer	75 mm	112 mm	Tetap	
Jumlah tuyer	4 bh	4 bh	Tetap	



Gambar 3. Kupola Setelah Modifikasi

Penimbangan bahan peleburan seperti skrap besi tuang, kokas, batu gamping, disiapkan di atas meja kerja. Pemasukan alas kokas pada tanur, penyalaan alas kokas dengan membakar kayu api, pemanasan cerat. Setelah kokas dibakar, alas kokas harus menyala seluruhnya yang ditandai dengan kokas pada bagian paling atas sudah membara, kemudian muatan tanur dimasukkan ke dalam tanur sampai penuh.

Muatan:

besi = 150 kg (bongkahan) 100 – 150 mm)

kokas = 15 kg (50 – 80 mm)

batu gamping: 3.75 kg (50 – 60 mm)

alas kokas: 200 kg

Uji Coba Kupola I

Minggu, 17 Nopember 2019

4. Uji coba

Persiapan:

Persiapan yang dilakukan terdiri dari:

Tabel 2. Uji Coba Tahap I

No.	Waktu	Kegiatan	Keterangan
1	8.25	Kupola diisi penuh blower dihidupkan	Setelah alas kokas membara
2	8.37	Lubang cerat dibersihkan	Terjadi bunga api pada lubang cerat
3	8.40	Lubang cerat dibersihkan	Tetes logam cair dan terak mulai mengalir
4	8.49	Blower mati	Mesin diesel rusak
5	8.50	Operasi berhenti	Kupola dibongkar
Uji coba I, dimulai dan dilakukan bersama antara tim dari perusahaan dengan tim Konsultansi Baristand Industri Medan			

Setelah kupola dibongkar, sisa alas kokas dan bahan baku dibersihkan dan pada pukul 12.00, dilakukan perbaikan spout, pembersihan bagian dalam tanur dan pemasangan kembali alas tanur, selesai pada jam 17.00. Mesin diesel lama diganti dengan

mesin diesel baru dan diinstal pada dudukan yang lama. Dengan cara yang sama dilakukan uji coba ke 2 pada hari Senin tanggal 18 Nopember 2019.

Uji Coba Kupola II

Senin, 18 Nopember 2019

Tabel 3. Uji Coba Tahap II

No.	Waktu	Kegiatan	Keterangan
1	8.00	Kupola diisi penuh blower dihidupkan	Setelah alas kokas membara
2	8.15	Lubang cerat dibersihkan	Terjadi bunga api pada lubang cerat
3	8.18	Lubang cerat dibersihkan	Tetes logam cair dan terak mulai mengalir
4	8.20	Logam cair mengalir, lubang cerat ditutup	suhu rendah, warna cairan merah
5	8.30	Cairan logam ditampung dengan ledel	operasi normal, tapi suhu cairan logam rendah
6	8.45	Penuangan	suhu logam cair belum cukup tinggi
7	9.00	Charging, penuangan	terak terlalu kental dan sulit dikeluarkan
8	9.15	Penuangan	Terak masih kental, suhu logam cair sedikit naik
9	9.00	Charging, penuangan	Terak masih kental, suhu logam cair sedikit naik
10	9.15	Penuangan	operasi diteruskan
11	11.00	Operasi dihentikan	terak naik di dalam kupola sampai lubang tuyser
Uji coba II, dimulai oleh tim perusahaan dan setelah jam 8.30 dilakukan bersama antara tim perusahaan dengan tim Baristand Industri Medan			

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses peleburan berlangsung normal mulai dari awal operasi sampai penuangan logam cair. Suhu logam cair terlalu rendah sehingga belum penuangan pada cetakan. Setelah pukul 9.00 mulai dilakukan penuangan logam cair pada cetakan, terak dibuang melalui saluran terak. Terak yang keluar dari dalam tanur tampaknya terlalu sedikit sehingga terak terus bertambah di dalam kupola, karena pertambahan terak dan pengeluaran terak tidak seimbang, akhirnya terak sampai pada lubang tuyser oleh karena itu operasi peleburan dihentikan pada pukul 11.00.

Kendala yang dihadapi

Uji Coba I.

Proses operasi peleburan belum dapat diamati karena mesin penggerak blower bermasalah dan mati tiba-tiba setelah

pengoperasian berlangsung selama 25 menit. Pada kondisi ini, tetesan logam cair sudah mulai keluar dari dalam kupola. Untuk menanggulangi masalah ini, maka mesin diesel lama diganti dengan mesin diesel baru, tanur dibongkar dan dipersiapkan untuk peleburan selanjutnya.

Uji Coba II,

Siklus operasi peleburan pada uji coba II telah lengkap sehingga pengamatan menyeluruh terhadap operasi peleburan dapat dilakukan. Masalah yang timbul pada uji coba II adalah suhu logam cair rendah dan terak tidak seluruhnya keluar dari dalam kupola.

Analisa Masalah

Pada uji coba II Suhu logam cair yang rendah dan terak yang kental diakibatkan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Tinggi efektif dari kupola

2. Volume udara tiup yang cocok (perbandingan tuyer yang cocok).
 3. Mempergunakan kokas yang keras, mengandung sedikit abu.
 4. Alas kokas yang tinggi.
 5. Peniupan yang cukup sebelum tungku bekerja secara stabil.
 6. Muatan kokas yang cukup.
 7. Ukuran dan berat besi muatan sesuai dengan diameter kupola.
 8. Laju pencairan yang cocok sesuai dengan diameter kupola
- Pengaruh dari ke delapan faktor ini diuraikan pengaruhnya terhadap proses peleburan kupola seperti yang dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Faktor Yang Mempengaruhi Suhu Logam Cair Pada Peleburan Kupola

No.	Parameter	Pengaruh	Keterangan
1	Tinggi efektif	Tinggi efektif kupola adalah jarak dari pintu pengisian ke tuyer. Pada daerah ini terjadi pemanasan awal, lebur dan pemanasan lanjut. Tinggi efektif kupola yang cukup menghasilkan suhu logam cair yang tinggi	tinggi efektif 4–5 kali diameter dalam (sesuai)
2	Volume udara tiup	Volume udara tiup sangat berpengaruh terhadap suhu logam cair dan daya lebur. Jika volume udara tiup kurang terjadi pembakaran kokas tidak sempurna yang mengakibatkan suhu logam cair rendah dan terak yang kental. <ul style="list-style-type: none"> • Jika debit udara naik, sedangkan kokas yang dimasukkan tetap, maka kapasitas peleburan naik, suhu naik. • Jika debit udara tetap dan kokas dinaikkan, maka suhu akan naik, kapasitas peleburan akan turun. • Untuk menaikkan temperatur dan kapasitas peleburan, maka debit udara tiup dan jumlah kokas yang dipakai juga diatur perubahannya sesuai dengan temperatur dan kapasitas peleburan yang diinginkan. 	Volume dan tekanan udara yang dihasilkan blower kurang. Tutup lubang tuyer kurang rapat
3	Kokas keras dan sedikit abu	Kokas yang keras dan mengandung sedikit abu mempunyai nilai kalor dan suhu pembakaran yang tinggi. Kokas yang keras tidak mudah hancur akibat pembakaran dan tekanan bahan yang berada di atasnya, nilai kalor dan suhu yang tinggi akan menghasilkan suhu logam cair yang tinggi dan daya lebur yang tinggi.	Kokas yang digunakan berasal dari import
4	Alas kokas tinggi	Tinggi alas kokas harus cukup yaitu 1.5-1.8 kali diameter dalam. Logam cair akan terpanasi lanjut selama melewati alas kokas sehingga alas kokas yang tinggi menghasilkan suhu pengeluaran logam cair yang tinggi. akan memberikan pemanasan lanjut logam cair yang lebih lama	Alas kokas dibuat setinggi 900 mm (sesuai)
5	Peniupan yang cukup	Volume udara tiup diatur sedemikian rupa dimana terdapat kondisi suhu pembakaran yang paling tinggi, pengaturan ini dilakukan dengan mengatur klep blower. Pada kondisi ini suhu dan kapasitas lebur akan naik. Setelah kondisi peleburan stabil dapat dilakukan pengaturan udara tiup dan kokas untuk mengatur kapasitas lebur yang sesuai	Kapasitas blower terlalu kecil sehingga pengaturan tidak dapat dilakukan
6	Muatan kokas yang cukup	Perbandingan kokas dengan besi dibuat sekitar 1 : 10 artinya 1 kg kokas untuk 10 kg besi, batu gamping 25 %. dari kokas	muatan kokas 15 kg, besi 150 kg, batu gamping 3.5 kg.
7	Ukuran dan berat besi muatan sesuai dengan diameter kupola	Ukuran kokas biasanya 1/10 – 1/15 kali diameter dalam kupola dan seragam, ukuran besi 50-150 mm. Ukuran bahan muatan merupakan faktor penting, terlalu tipis akan meningkatkan oksidasi dan terlalu panjang akan menurunkan suhu. Ukuran muatan yang terlalu besar menyebabkan celah antara bahan muatan yang besar sehingga udara panas hasil pembakaran mudah keluar yang mengakibatkan transfer panas tidak efisien.	Ukuran muatan terlalu besar
8	Laju pencairan	Laju pencairan yang cocok pada kupola dengan diameter dalam 550 mm dengan perbandingan besi pada kokas 10 %	Laju peleburan tidak dapat

No.	Parameter	Pengaruh	Keterangan
	yang cocok	adalah 1.9 ton/jam. Untuk menaikkan temperatur dan kapasitas peleburan, maka debit udara tiup dan jumlah kokas yang dipakai juga diatur perubahannya sesuai dengan temperatur dan kapasitas peleburan yang diinginkan.	diatur karena volume dan tekanan udara tiup terlalu kecil.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dari analisa faktor-faktor yang mempengaruhi operasi kupola yang menyebabkan suhu logam cair rendah, terak kental dan sulit dikeluarkan adalah akibat tiupan udara yang kurang, selain itu ukuran muatan kupola juga mempengaruhi. ▪ Dengan mengganti blower dengan kapasitas yang sesuai dan kontrol muatan yang selektif masalah tersebut akan teratasi. Dengan kapasitas blower yang besar dapat dilakukan pengaturan sehingga dihasilkan suhu logam cair yang tinggi, dengan tingginya suhu logam cair, terak akan semakin encer sehingga mudah mengalir. ▪ Tingginya tekanan udara tiup di dalam kupola akan memberikan tekanan yang cukup pada permukaan terak sehingga terak mudah mengalir dari kupola. 			

KESIMPULAN

Setelah modifikasi tanur dan uji coba dilakukan, dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Modifikasi tanur kupola konvensional menjadi tanur kupola standar proses kontinu pengeluaran besi dan terak dari depan telah dilakukan dengan baik dengan mengikuti persyaratan kupola standar.
2. Biaya produksi turun 10%.
3. Operasi Tanur Kupola telah berfungsi dengan baik tetapi suhu logam cair rendah adalah akibat volume dan tekanan udara tiup yang dihasilkan blower kurang besar.
4. Terak cairan kurang lancar akibat udara tiup dari blower kurang besar.

SARAN

Blower udara tiup disarankan untuk diganti dengan dengan kapasitas dan tekanan yang lebih besar. Dengan kapasitas blower yang besar, dapat dilakukan pengaturan jumlah udara tiup yang dibutuhkan untuk menghasilkan

suhu dan kapasitas lebur sesuai dengan ukuran kupola.

DAFTAR PUSTAKA

- C.F.Watson, Gray and Ductile Casting Hand Book, Gray and Ductile Iron Founders Society, 1971
- Cupola Hand Book, 5th Ed, American Foundrymen, s Society, 1984
- D.B.Craig, et.al, "Gray Iron" Metal Hand Book, 9th Ed, Vol 15 ASM International, 1998, p.566-572
- Foundry Engineering Group Training Course in Foundry Engineering, Nagoya International Training Centre ,Japan International Cooperation Agency (JICA) 1989.
- Fairhurst, W and K.Rohring, Use of Alloying Element in Cast Iron, Foundry Trades Journal, 1983
- JIS G.5501 "Gray Iron Casting" JIS Hand Book 1988, Ferrous Materials and Metallurgy
- T.A.Burns, The Foseco Foundryman, s HandBook, 9th Ed, Foseco Lt. Pergamon Press, 1986